

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-264908

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 6/00

識別記号

3 1 1

F I

G 0 2 B 6/00

3 1 1

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-66768

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月17日

(71) 出願人 000002255

昭和電線電纜株式会社

神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 森下 裕一

神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内

(74) 代理人 弁理士 守谷 一雄

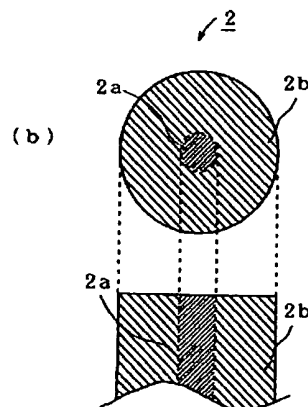
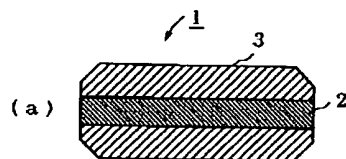
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光減衰器

(57) 【要約】

【課題】簡便な構成で2種類以上の波長の光信号に対して等しい減衰量を得る。

【解決手段】複数の互いに異なる波長の光信号を伝送するためのコアおよびクラッドから成るシングルモード光ファイバ2から成り、シングルモード光ファイバ2の内層2aには光信号の波長が長いほど当該光信号の減衰量を増大するドーパントが高い含有濃度で含有され、且つ該シングルモード光ファイバ2の外層2bには光信号の波長が短いほど当該光信号の減衰量を増大するドーパントが高い含有濃度で含有されている。なお、内層2aおよび外層2bに含有させる各ドーパントを逆に含有させてもよい。これにより、波長の長い光信号および波長の短い光信号にほぼ同程度の減衰効果を与えることができるので、光減衰器の波長依存性を低減することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の互いに異なる波長の光信号を伝送するためのコアとクラッドとを持つシングルモード光ファイバから成り、前記シングルモード光ファイバは内層と外層とに分割され、前記内層には前記光信号の波長が長いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントが含有され、且つ前記外層には前記光信号の波長が短いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントが含有されたことを特徴とする光減衰器。

【請求項2】前記内層はコアを含むことを特徴とする請求項1記載の光減衰器。

【請求項3】前記内層はコアの内部に設定されたことを特徴とする請求項1記載の光減衰器。

【請求項4】複数の互いに異なる波長の光信号を伝送するためのコアとクラッドとを持つシングルモード光ファイバから成り、前記シングルモード光ファイバは内層と外層とに分割され、前記内層には前記光信号の波長が短いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントが含有され、且つ前記外層には前記光信号の波長が長いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントが含有されたことを特徴とする光減衰器。

【請求項5】前記内層はコアを含むことを特徴とする請求項4記載の光減衰器。

【請求項6】前記内層はコアの内部に設定されたことを特徴とする請求項4記載の光減衰器。

【請求項7】前記外層の径がコア径の2～6倍であることを特徴とする請求項1乃至6記載の光減衰器。

【請求項8】前記各ドーパントはコバルト(Co)、クロム(Cr)、銅(Cu)、鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、マンガニ(Mn)およびバナジウム(V)から選ばれた1種以上の遷移金属イオンを含む有機金属化合物であることを特徴とする請求項1乃至7記載の光減衰器。

【請求項9】前記各ドーパントは希土類元素であることを特徴とする請求項1乃至7記載の光減衰器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は光減衰器に係り、特に、光通信、光計測、CATVシステム等の分野において光信号を一定量減衰させるために使用される光減衰器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光通信、光計測等、光信号を利用してデータ伝送や制御を行なう分野では、光信号の増幅や変換処理と共に光信号を一定量減衰させる光減衰器が使用されている。この光減衰器は一般的に、該光減衰器の中間部に光信号を吸収させたりする材料や構造物を設ける手段があり、特に、光ファイバに光を吸収させるドーパントが含有された光減衰器が提案されている(実開昭54-2754号公報、実開昭63-96504号公報、実

開昭63-96506号公報)。この光減衰器によれば、高入力パワーに対して耐えることができ、また組立てが容易になる。

【0003】また、光通信では単一波長の光のみならず、異なる波長で通信されていることから、光減衰器も異なる波長において減衰量がほぼ同じになることが望ましい。このような光減衰器は例えば図5(a)に示すように、金属あるいはセラミックスなどから成るフェルル53の中心に光信号を減衰する機能を持つ光ファイバ52を挿入した構造から成る。特に、光減衰する機能を有し、且つ異なる波長に対して減衰量が等しくなるような光ファイバを有する光減衰器51が提案されている(実開平1-38613号公報)。この光減衰器は図5(b)に示すように、光ファイバ52の中心に光を減衰する機能を有するドーパント含有領域54を有している。このドーパント含有領域54のドーパントは波長が長くなるに従い減衰量が大きくなるような特性を備えている。また、このドーパント含有領域54はモードフィールド55に対して適当な範囲にある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような光減衰器51では、波長が長くなると減衰量が大きくなるような例えばコバルト(Co)を含むドーパントを使用した場合、光通信で使用されている光信号の波長1.3ミクロンメートル( $\mu\text{m}$ )または1.55 $\mu\text{m}$ で減衰量が等しくなり、且つドーパント含有領域がコア径と等しくなるような構造にすると、遮断波長を短くする必要があり、また曲げ損失などを考慮すると実用に耐えないという難点がある。したがって、適当な遮断波長を有する光ファイバの場合は、ドーパント含有領域をコア径よりも小さくしなければならない。このような構造の光ファイバの製造は非常に複雑になるので、コストアップの要因となる。

【0005】また、光ファイバのクラッド部分のみにドーパントを含有させた場合、減衰量が大きいものを得るにはドーパントの含有量を非常に多くしなければならず、製造上難しい。本発明は、このような従来の難点を解決するためになされたもので、簡便な構成で2種類以上の波長の光信号に対して等しい減衰量を得ることにより波長依存性を低減できる光減衰器を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成する本発明の光減衰器は、複数の互いに異なる波長の光信号を伝送するためのコアとクラッドとを持つシングルモード光ファイバから成り、シングルモード光ファイバは内層と外層とに分割され、内層には光信号の波長が長いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントが含有され、且つ外層には光信号の波長が短いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントが含有されたものである。

【0007】このようなシングルモード光ファイバを断面から見たとき、波長の短い光信号は波長の長い光信号に比べて中心に集中して伝搬する。したがって、パワー分布がシングルモード光ファイバの中心に集中する波長の短い信号ほどシングルモード光ファイバの内層に含有されるドーパントの影響を受け、パワー分布がシングルモード光ファイバの半径方向に広がる波長の長い信号ほどシングルモード光ファイバの外層に含有されるドーパントの影響を受けることになる。これにより、光減衰器の波長依存性を低減できる。

【0008】また、本発明の光減衰器においては、内層をコアに含まれるようにしてもよく、さらに、内層をコアの内部に設定されるようにしてもよい。何れにおいても上述の光減衰器と同様に、光減衰器の波長依存性を低減できる。また、本発明の光減衰器は、複数の互いに異なる波長の光信号を伝送するためのコアとクラッドとを持つシングルモード光ファイバから成り、シングルモード光ファイバは内層と外層とに分割され、内層には光信号の波長が短いほど当該光信号の減衰量が增大するドーパントが含有され、且つ外層には光信号の波長が長いほど当該光信号の減衰量が增大するドーパントが含有されたものである。

【0009】このようなシングルモード光ファイバは、パワー分布がシングルモード光ファイバの中心に集中する波長の短い信号ほどシングルモード光ファイバの外層に含有されるドーパントの影響を受け、パワー分布がシングルモード光ファイバの半径方向に広がる波長の長い信号ほどシングルモード光ファイバの内層に含有されるドーパントの影響を受けることになる。これにより、光減衰器の波長依存性を低減できる。

【0010】また、本発明の光減衰器においては、内層をコアに含まれるようにしてもよく、さらに、内層をコアの内部に設定されるようにしてもよい。何れにおいても上述の光減衰器と同様に、光減衰器の波長依存性を低減できる。さらに、本発明の光減衰器においては、外層の径がコア径の2～6倍であることが好ましい。これは、一般にドーパントの影響を受けやすいモードフィールドの大きさがコア径の2倍程度なので、ドーパント含有領域をコア径の2～6倍にすることにより、波長依存性を低減できるからである。

【0011】また、本発明の光減衰器において各ドーパントは、コバルト(Co)、クロム(Cr)、銅(Cu)、鉄(Fu)、ニッケル(Ni)、マンガン(Mn)およびバナジウム(V)から選ばれた1種以上の遷移金属イオンを含む有機金属化合物、または希土類元素であることが好ましい。このような有機金属化合物または希土類元素を選択的に使用することにより、光信号の周波数に応じた減衰量を得ることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の光減衰器の実施の

一形態について、図面を参照して説明する。本発明の光減衰器は図1(a)に示すように、複数の互いに異なる波長の光信号を伝送するためのコアおよびクラッドから成るシングルモード光ファイバ2がフェルル3の中心に挿入され、一端から光信号が入力されると一定量の光信号を減衰させた上で他端に出力することができるものである。このようなシングルモード光ファイバ2は図1(b)に示すように、内層2aには光信号の波長が長いほど当該光信号の減衰量が增大するドーパントが高い含有濃度で含有され、且つ外層2bには光信号の波長が短いほど当該光信号の減衰量が增大するドーパントが高い含有濃度で含有されている。

【0013】このようにドーパントを含有させるのは、シングルモード光ファイバ2を横断面から見たとき波長の短い光信号は波長の長い光信号に比べて光ファイバの中心に集中して伝搬するからである。即ち、光信号の波長が長いほど透過光を大きく減衰させるドーパントをシングルモード光ファイバ2の内層2aに含有させると、見かけ上、波長の長い光信号より短い光信号がドーパントの影響を大きく受けることになる。したがって、このバランスを制御することによりドーパントの持っている減衰量の波長依存性を補償することができ、光減衰器1の減衰量の波長依存性を低減することができる。

【0014】ここで、シングルモード光ファイバ2に含有させるドーパントについて説明する。通常、通信用光ファイバには遷移金属イオンを含む有機金属化合物であるドーパントが使用され、それぞれ1種または2種以上を混合して使用することもできる。このような遷移金属イオンとしては、高減衰量を得ることができるコバルト(Co)、クロム(Cr)、銅(Cu)、鉄(Fu)、ニッケル(Ni)、マンガン(Mn)およびバナジウム(V)等を用いるのが好ましい。また、通信用光ファイバには希土類元素、例えば1.4ミクロンメートル( $\mu\text{m}$ )から1.5 $\mu\text{m}$ にかけて光を吸収することができるエルビウム(Er)を使用してもよい。

【0015】これら各種のドーパントの波長と損失との関係を図2のグラフに示す。このグラフは、横軸に波長をナノメートル(nm)で表し、縦軸に光減衰量を(dB/Km)で表している。図2(a)に示す特性曲線①はマンガン(Mn)、②はニッケル(Ni)、③はクロム(Cr)、④はバナジウム(V)、⑤はコバルト(Co)、⑥は鉄(Fu)、⑦は銅(Cu)で、図2(b)に示す特性曲線⑧はエルビウム(Er)の特性を示している。したがって、この光減衰器1で使用する光信号の波長を、例えば1.3 $\mu\text{m}$ ～1.5 $\mu\text{m}$ 程度とすれば、図1(b)に示すシングルモード光ファイバ2の内層2aにはコバルト(Co)、ニッケル(Ni)が、外層2bにはバナジウム(V)が適していることがわかる。

【0016】このように構成された光減衰器1の減衰作用について、以下説明する。光減衰器1のシングルモー

ド光ファイバ2の一端から波長の短い光信号が入力されると、この光信号はパワー分布がシングルモード光ファイバ2の中心に集中して伝搬するので、外層2bに含有されるドーパントの影響を受ける。また、シングルモード光ファイバ2の一端から波長の長い光信号が入力されると、この光信号はパワー分布がシングルモード光ファイバ2の半径方向に広がりながら伝搬するので、内層2aに含有されるドーパントの影響を受ける。したがって、シングルモード光ファイバ2の断面全体から見た場合に、波長の長い光信号および波長の短い光信号にほぼ同程度の減衰効果を与えることができるので、光減衰器1の波長依存性を低減することができる。

【0017】なお、本実施の一形態においては、光信号の波長が長いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントをシングルモード光ファイバ2の内層2aに含有させ、且つ光信号の波長が短いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントをシングルモード光ファイバ2の外層2bに含有させていたが、これに限らず、適当な濃度分布をつけるようにしてもよい。

【0018】例えば、図3に示すような内層がコア20aを含むシングルモード光ファイバ20のコア20aおよびクラッド20bに生ずるモードフィールドMのコアM1部分に、光信号の波長が長いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントを高い含有濃度で含有させ、且つモードフィールドMの外周部分M2に光信号の波長が短いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントを高い含有濃度で含有させても、同様の効果を得ることができる。この際、ドーパント含有領域がモードフィールドM全域に及ばなければならないが、理論的に不可能である。しかし、一般にドーパントの影響を受けやすいモードフィールドMの大きさは、コア径の2倍程度なので、ドーパント含有領域をコア径の少なくとも2倍以上、より具体的には2〜6倍にすることにより、波長依存性を低減できる。

【0019】また、図4に示すような内層がコア200aの内部に設定されたシングルモード光ファイバ200のコア200aに光信号の波長が長いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントを高い含有濃度で含有させ、且つクラッド200bに光信号の波長が短いほど当該光信号の減衰量が増大するドーパントを高い含有濃度で含有させても、同様の効果を得ることができる。

【0020】

【実施例】さらに、本発明の光減衰器の減衰性能について、以下のような条件で実験を行なった。

#### 実施例1

コア径8 $\mu$ m、比屈折率差0.3%、ファイバ長20mmで、コア全域にコバルト(Co)を8000ppm、コア径の4倍の範囲のクラッドにバナジウム(V)を3000ppm添加したシングルモード光ファイバを作成し、このシングルモード光ファイバが使用される光減衰

器の減衰量を測定した。減衰量は1.3 $\mu$ mで15.5dB、1.55 $\mu$ mで15.2dBとなり、波長無依存であることが確認できた。

#### 比較例1

実施例1と同様のコア母材を用い、クラッドには吸収物質を添加しないシングルモード光ファイバを作成し、このシングルモード光ファイバが使用される光減衰器の減衰量を測定した。減衰量は1.3 $\mu$ mで11.3dB、1.55 $\mu$ mで14.1dBとなり、減衰量の波長依存性が大きくなることがわかった。

#### 実施例2

コア径8 $\mu$ m、比屈折率差0.3%、ファイバ長20mmで、コア全域にコバルト(Co)を6000ppm、コア径の4倍の範囲のクラッドにエルビウム(Er)を10000ppm添加したシングルモード光ファイバを作成し、このシングルモード光ファイバが使用される光減衰器の減衰量を測定した。減衰量は1.3 $\mu$ mで8.5dB、1.55 $\mu$ mで7.9dBとなり、ほぼ波長無依存であることが確認できた。

#### 実施例3

コア径8 $\mu$ m、比屈折率差0.3%、ファイバ長20mmで、コアを含みコア径の2倍の範囲のクラッドにニッケル(Ni)を10000ppm、その周囲にバナジウム(V)を300ppm添加したシングルモード光ファイバを作成し、このシングルモード光ファイバが使用される光減衰器の減衰量を測定した。減衰量は1.3 $\mu$ mで19.5dB、1.55 $\mu$ mで19.0dBとなり、ほぼ波長無依存であることが確認できた。

【0021】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明の光減衰器によれば、光信号の波長によって減衰量が異なる2種類のドーパントの吸収特性を考慮にいれて、シングルモード光ファイバ内における各ドーパントの含有範囲を制御することにより、各ドーパントの持っている減衰量の波長依存性を補償することができるので、光減衰器の減衰量の波長依存性を低減することができる。また、光ファイバにドーパントを含有させるだけで所望の効果を得ることができるので、製造コストを低減することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光減衰器の実施の一形態を示す図で、(a)は縦断面図、(b)は光減衰器に用いられる光ファイバの端面図。

【図2】各種のドーパントと波長との損失の関係を示すグラフで、(a)はMn、Ni、Cr、V、Co、FuおよびCuのグラフ、(b)はErのグラフ。

【図3】本発明の光減衰器に使用される光ファイバの他の実施の一形態を示す端面図。

【図4】本発明の光減衰器に使用される光ファイバの他の実施の一形態を示す端面図。

【図5】従来の光減衰器を示す図で、(a)は縦断面図、(b)は光減衰器に用いられる光ファイバの端面図。

【符号の説明】

1……光減衰器

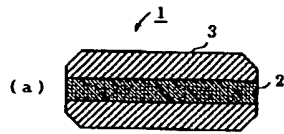
2、20、200……シングルモード光ファイバ

2a……内層

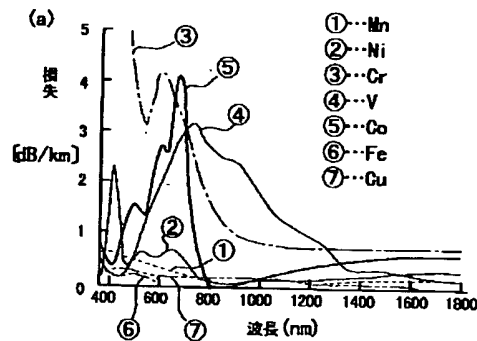
2b……外層

20a、200a……コア

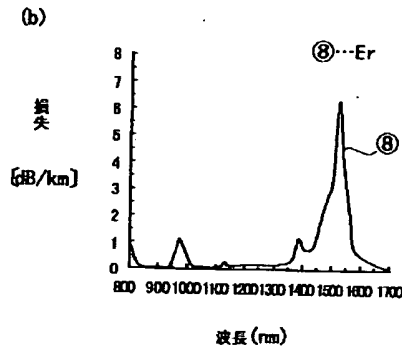
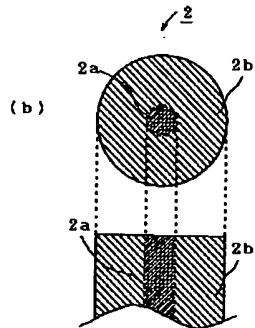
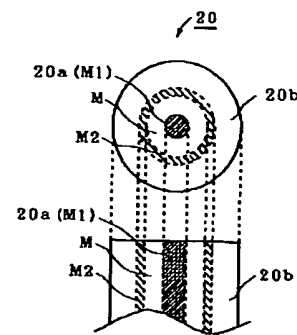
【図1】



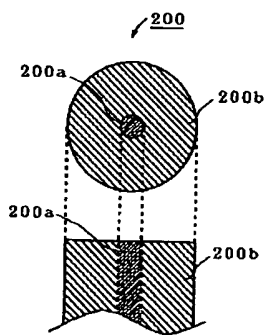
【図2】



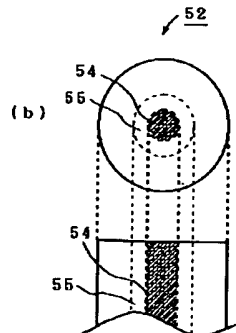
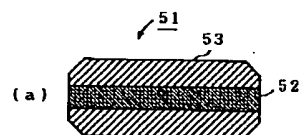
【図3】



【図4】



【図5】



10/22/1999

## フロントページの続き

(72)発明者 熊谷 旭  
神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1  
号 昭和電線電纜株式会社内  
(72)発明者 牟田 健一  
神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1  
号 昭和電線電纜株式会社内  
(72)発明者 西條 正志  
神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1  
号 昭和電線電纜株式会社内  
(72)発明者 杉 一成  
神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1  
号 昭和電線電纜株式会社内

(72)発明者 竹内 善明  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(72)発明者 長瀬 亮  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(72)発明者 住田 真  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(72)発明者 三田地 成幸  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

CLIPPEDIMAGE= JP411264908A

PAT-NO: JP411264908A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11264908 A

TITLE: OPTICAL ATTENUATOR

PUBN-DATE: September 28, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MORISHITA, YUICHI	N/A
KUMAGAI, AKIRA	N/A
MUTA, KENICHI	N/A
SAIJO, MASASHI	N/A
SUGI, KAZUNARI	N/A
TAKEUCHI, YOSHIKI	N/A
NAGASE, AKIRA	N/A
SUMITA, MAKOTO	N/A
MITACHI, NARIYUKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SHOWA ELECTRIC WIRE & CABLE CO LTD	N/A
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>	N/A

APPL-NO: JP10066768

APPL-DATE: March 17, 1998

INT-CL (IPC): G02B006/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an equal attenuation quantity for light signals of

SOLUTION: This optical attenuator consists of a single-mode optical fiber 2 consisting of a core and a clad for transmitting light signals differing in wavelength from each other; and an internal layer 2a of the single-mode optical fiber 2 contains with a high content density a dopant which increases the attenuation quantity of a light signal more as the wavelength of the light signal is longer and an external layer 2b of the single-mode optical fiber 2 contains as a high content density a dopant which increases the attenuation quantity of the light signal more as the wavelength of the light signal is

shorter. The dopants that the internal layer 2a and external layer 2b contain may be contained reversely. Consequently, a long-wavelength light signal and a short-wavelength light signal can be given attenuation effect to nearly the same extent, so the wavelength dependency of the optical attenuator is reducible.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to an optical attenuator and relates to the optical attenuator used in order to carry out constant-rate attenuation of the lightwave signal in fields, such as optical communication, optical measurement, and a CATV system, especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the field which performs data transmission and control using lightwave signals, such as optical communication and optical measurement, the optical attenuator which carries out constant-rate attenuation of the lightwave signal with amplification and transform processing of a lightwave signal is used. This optical attenuator has a means to prepare the material which makes the pars intermedia of this optical attenuator absorb a lightwave signal, and the structure generally, and the optical attenuator which the dopant which makes an optical fiber absorb light especially contained is proposed (JP,54-2754,U, JP,63-96504,U, JP,63-96506,U). According to this optical attenuator, it can bear to high input control power, and an assembly becomes easy.

[0003] Moreover, since it is communicating not only on the light of single wavelength but on different wavelength, almost similarly [ the magnitude of attenuation ] in the wavelength from which an optical attenuator also differs, a bird clapper is desirable in optical communication. Such an optical attenuator consists of the structure which inserted the optical fiber 52 which has the function which decreases a lightwave signal in the center of the ferrule 53 which consists of a metal or ceramics, as shown in drawing 5 (a). The optical attenuator 51 which has an optical fiber to which it has the function which carries out optical attenuation especially, and the magnitude of attenuation becomes equal to different wavelength is proposed (JP,1-38613,U). This optical attenuator has the dopant content field 54 which has the function which decreases light at the center of an optical fiber 52, as shown in drawing 5 (b). The dopant of this dopant content field 54 is equipped with the property that the magnitude of attenuation becomes large as wavelength becomes long. Moreover, this dopant content field 54 is in the suitable range to the mode field 55.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] however, in such an optical attenuator 51 When a dopant to which the magnitude of attenuation will become large if wavelength becomes long and which contains cobalt (Co), for example is used, If it is made the structure where the magnitude of attenuation becomes equal by wavelength the meter of 1.3 microns or of the lightwave signal currently used by optical communication (micrometer), and 1.55 micrometers, and a dopant content field becomes equal to a core diameter When it is necessary to shorten a cutoff wave length and and bending loss etc. is taken into consideration, there is a difficulty of not bearing practical use. Therefore, in the case of the optical fiber which has a suitable cutoff wave length, you have to make a dopant content field smaller than a core diameter. Since manufacture of the optical fiber of such structure becomes very complicated, it becomes the factor of a cost rise.

[0005] Moreover, when only the clad portion of an optical fiber is made to contain a dopant, the

magnitude of attenuation must make [ many / very ] the content of a dopant, for obtaining a large thing, and is difficult on manufacture. this invention was made in order to solve such a conventional difficulty, and it aims at offering the optical attenuator which can reduce a wavelength dependency by obtaining the equal magnitude of attenuation to the lightwave signal of two or more kinds of wavelength with simple composition.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The dopant to which a single mode optical fiber is divided into a inner layer and an outer layer, the optical attenuator of this invention which attains such a purpose consists of a single mode optical fiber with the core and clad for transmitting the lightwave signal of two or more mutually different wavelength, the dopant to which the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases contains it, so that the wavelength of a lightwave signal is long to a inner layer, and the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases, so that the wavelength of a lightwave signal is short in an outer layer contains.

[0007] When such a single mode optical fiber is seen from a cross section, compared with a lightwave signal with long wavelength, it concentrates on a center and the lightwave signal with short wavelength is spread. Therefore, it will be influenced of the dopant which contains a signal with the shorter wavelength which a power distribution concentrates on the center of a single mode optical fiber in the inner layer of a single mode optical fiber, and will be influenced of the dopant to which a power distribution contains a signal with the longer wavelength which spreads in radial [ of a single mode optical fiber ] in the outer layer of a single mode optical fiber. Thereby, the wavelength dependency of an optical attenuator can be reduced.

[0008] Moreover, you may make it a inner layer included in a core, and may make it set a inner layer as the interior of a core further in the optical attenuator of this invention. Also in any, the wavelength dependency of an optical attenuator can be reduced like an above-mentioned optical attenuator.

Moreover, the dopant to which a single mode optical fiber is divided into a inner layer and an outer layer, the optical attenuator of this invention consists of a single mode optical fiber with the core and clad for transmitting the lightwave signal of two or more mutually different wavelength, the dopant to which the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases contains it, so that the wavelength of a lightwave signal is short to a inner layer, and the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases, so that the wavelength of a lightwave signal is long in an outer layer contains.

[0009] Such a single mode optical fiber will be influenced of the dopant which contains a signal with the shorter wavelength which a power distribution concentrates on the center of a single mode optical fiber in the outer layer of a single mode optical fiber, and will be influenced of the dopant to which a power distribution contains a signal with the longer wavelength which spreads in radial [ of a single mode optical fiber ] in the inner layer of a single mode optical fiber. Thereby, the wavelength dependency of an optical attenuator can be reduced.

[0010] Moreover, you may make it a inner layer included in a core, and may make it set a inner layer as the interior of a core further in the optical attenuator of this invention. Also in any, the wavelength dependency of an optical attenuator can be reduced like an above-mentioned optical attenuator.

Furthermore, in the optical attenuator of this invention, it is desirable that the path of an outer layer is 2 to 6 times the core diameter. This is because a wavelength dependency can be reduced by increasing a dopant content field 2 to 6 times of a core diameter since the size of the mode field which is generally easy to be influenced of a dopant is the double-precision grade of a core diameter.

[0011] Moreover, as for each dopant, in the optical attenuator of this invention, it is desirable that they are an organometallic compound containing one or more sorts of transition-metals ion chosen from cobalt (Co), chromium (Cr), copper (Cu), iron (Fe), nickel (nickel), manganese (Mn), and vanadium (V) or rare earth elements. By using alternatively such an organometallic compound or rare earth elements, the magnitude of attenuation according to the frequency of a lightwave signal can be obtained.

[0012]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, one gestalt of operation of the optical attenuator of this

invention is explained with reference to a drawing. The optical attenuator of this invention can be outputted to the other end, after attenuating the lightwave signal of a constant rate when the single mode optical fiber 2 which consists of the core and clad for transmitting the lightwave signal of two or more mutually different wavelength is inserted in the center of a ferrule 3 and the lightwave signal was inputted from the end, as shown in drawing 1 (a). The dopant to which it contains by content concentration with the high dopant to which the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases, so that the wavelength of a lightwave signal is long to inner layer 2a, as shown in drawing 1 (b), and the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases, so that the wavelength of a lightwave signal is short to outer layer 2b contains such a single mode optical fiber 2 by high content concentration.

[0013] Thus, it is because the lightwave signal with short wavelength concentrates on the center of an optical fiber and is spread compared with a lightwave signal with long wavelength to make a dopant contain, when a single mode optical fiber 2 is seen from the cross section. That is, when inner layer 2a of a single mode optical fiber 2 is made to contain the dopant which attenuates the transmitted light greatly so that the wavelength of a lightwave signal is long, a lightwave signal seemingly shorter than a lightwave signal with long wavelength will be greatly influenced of a dopant. Therefore, by controlling this balance, the wavelength dependency of the magnitude of attenuation which the dopant has can be compensated, and the wavelength dependency of the magnitude of attenuation of an optical attenuator 1 can be reduced.

[0014] Here, the dopant which a single mode optical fiber 2 is made to contain is explained. Usually, the dopant which is an organometallic compound containing transition-metals ion is used for the optical fiber for communication, and one sort or two sorts or more can also be mixed and used, respectively. It is desirable to use the cobalt (Co) which can obtain the high magnitude of attenuation, chromium (Cr), copper (Cu), iron (Fe), nickel (nickel), manganese (Mn), vanadium (V), etc. as such transition-metals ion. Moreover, you may use the erbium (Er) which can be missing from 1.5 micrometers from rare earth elements (micrometer), for example, 1.4-micron meter, at the optical fiber for communication, and can absorb light.

[0015] The relation between the wavelength of the dopant of these various kinds and loss is shown in the the graph of drawing 2. This graph expresses wavelength with NANOMETER (nm) to a horizontal axis, and expresses the optical magnitude of attenuation with (dB/km) to the vertical axis. In characteristic curve \*\* shown in drawing 2 (a), characteristic curve \*\* with which nickel (nickel) and \*\* are copper (Cu) and manganese (Mn) and \*\* indicate [ \*\* / cobalt (Co) and \*\* / iron (Fe) and \*\* ] chromium (Cr) and \*\* to be for vanadium (V) and \*\* to drawing 2 (b) shows the property of an erbium (Er). Therefore, it turns out that cobalt (Co) and nickel (nickel) are suitable for inner layer 2a of the single mode optical fiber 2 shown in 1.3 micrometers - about 1.5 micrometers, then drawing 1 (b), and vanadium (V) is suitable for outer layer 2b in the wavelength of the lightwave signal used by this optical attenuator 1.

[0016] Thus, the attenuation of the constituted optical attenuator 1 is explained below. If a lightwave signal with short wavelength is inputted from the end of the single mode optical fiber 2 of an optical attenuator 1, since a power distribution will concentrate on the center of a single mode optical fiber 2 and will spread this lightwave signal, it is influenced of the dopant contained in outer layer 2b.

Moreover, since this lightwave signal will be spread while a power distribution spreads in radial [ of a single mode optical fiber 2 ] if a lightwave signal with long wavelength is inputted from the end of a single mode optical fiber 2, it is influenced of the dopant contained in inner layer 2a. Therefore, since a damping effect almost of the same grade can be given to a lightwave signal with long wavelength, and a lightwave signal with short wavelength when it sees from the whole cross section of a single mode optical fiber 2, the wavelength dependency of an optical attenuator 1 can be reduced.

[0017] In addition, although outer layer 2b of a single mode optical fiber 2 was made to contain the dopant to which inner layer 2a of a single mode optical fiber 2 is made to contain the dopant to which the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases, so that the wavelength of a lightwave signal is long, and the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases, so that the wavelength of a lightwave signal is short, you may make it attach not only this but a suitable

concentration distribution in one gestalt of this operation.

[0018] Into for example, core M1 portion of the mode field M produced in core 20a and clad 20b of a single mode optical fiber 20 in which a inner layer as shown in drawing 3 contains core 20a. The dopant to which the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases, so that the wavelength of a lightwave signal is long is made to contain by high content concentration. And the same effect can be acquired even if it makes it contain the dopant to which the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases by high content concentration so that the wavelength of a lightwave signal is short into the periphery portion M2 of the mode field M. Under the present circumstances, it is theoretically impossible although it will not become if a dopant content field is less than the mode field M whole region. However, since the size of the mode field M which is generally easy to be influenced of a dopant is the double-precision grade of a core diameter, it can reduce a wavelength dependency for a dopant content field by [ of a core diameter ] more specifically increasing 2 to 6 times more than double precision at least.

[0019] Moreover, the same effect can be acquired even if it makes the dopant to which it is made to contain the dopant to which the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases by high content concentration, so that the wavelength of a lightwave signal is long to core 200a of the single mode optical fiber 200 by which the inner layer as shown in drawing 4 was set as the interior of core 200a, and the magnitude of attenuation of the lightwave signal concerned increases, so that the wavelength of a lightwave signal is short to clad 200b contain by high content concentration.

[0020]

[Example] Furthermore, it experimented on the following conditions about the attenuation performance of the optical attenuator of this invention.

8 micrometers of example 1 core diameters, and a ratio -- the single mode optical fiber which added cobalt (Co) throughout the core and added 3000 ppm (V) of vanadium to the clad of the 4 times as much range as 8000 ppm and a core diameter was created by 0.3% of refractive-index differences, and 20mm of fiber length, and the magnitude of attenuation of the optical attenuator for which this single mode optical fiber is used was measured. The magnitude of attenuation was able to be set to 15.5dB by 1.3 micrometers, and was set to 15.2dB by 1.55 micrometers, and it has checked having not wavelength depended.

To clad, the single mode optical fiber which does not add an absorber was created using the same core base material as example of comparison 1 example 1, and the magnitude of attenuation of the optical attenuator for which this single mode optical fiber is used was measured. The magnitude of attenuation was set to 11.3dB by 1.3 micrometers, and was set to 14.1dB by 1.55 micrometers, the wavelength dependency of the magnitude of attenuation is large, and the bird clapper was found.

8 micrometers of example 2 core diameters, and a ratio -- the single mode optical fiber which added cobalt (Co) throughout the core and added 10000 ppm (Er) of erbiums to the clad of the 4 times as much range as 6000 ppm and a core diameter was created by 0.3% of refractive-index differences, and 20mm of fiber length, and the magnitude of attenuation of the optical attenuator for which this single mode optical fiber is used was measured. The magnitude of attenuation was able to be set to 8.5dB by 1.3 micrometers, and was set to 7.9dB by 1.55 micrometers, and it has checked having not wavelength depended mostly.

8 micrometers of example 3 core diameters, and a ratio -- the single mode optical fiber which added nickel (nickel) to the clad of the range of the double precision of a core diameter, and added 300 ppm (V) of vanadium to 10000 ppm and the circumference of those including the core by 0.3% of refractive-index differences and 20mm of fiber length was created, and the magnitude of attenuation of the optical attenuator for which this single mode optical fiber is used was measured. The magnitude of attenuation was able to be set to 19.5dB by 1.3 micrometers, and was set to 19.0dB by 1.55 micrometers, and it has checked having not wavelength depended mostly.

[0021]

[Effect of the Invention] As mentioned above, since the wavelength dependency of the magnitude of attenuation which each dopant has by taking into consideration the absorption property of two kinds of

dopants that the magnitude of attenuation differs, and controlling the content range of each dopant in a single mode optical fiber by wavelength of a lightwave signal can be compensated according to the optical attenuator of this invention as explained, the wavelength dependency of the magnitude of attenuation of an optical attenuator can be reduced. Moreover, since a desired effect can be acquired only by making an optical fiber contain a dopant, a manufacturing cost can be reduced.

---

[Translation done.]